



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 01 623.6

Anmeldetag: 17. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: LuK Lamellen und Kupplungsbau Beteiligungs KG,
Bühl, Baden/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Vorgabe der Anpress-
kraft zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment über-
tragenden Bauteilen eines Antriebssystems

IPC: F 16 D 48/06

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 10. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Schmidt C.'.

Schmidt C.

LuK Lamellen und Kupplungsbau
Beteiligungs KG
Industriestrasse 3
77815 Bühl

GS 0648 DE

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Vorgabe der Anpresskraft zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteilen eines Antriebssystems, insbesondere zwischen einem Umschlingungsmittel und einem Kegelscheibenpaar eines Kegelscheibenumschlingungsgetriebes mit stufenlos veränderbarer Übersetzung, bei welchem Verfahren die Anpresskraft aus einer Stellgröße bestimmt wird, welche von mindestens einem Vorsteuerwert und einer Reglerausgangsgröße abhängt, wobei der Vorsteuerwert durch den Wert wenigstens eines Betriebsparameters des Antriebssystems bestimmt wird und die Reglerausgangsgröße durch Vergleich des Ist-Wertes eines Betriebsparameters mit einem Soll-Wert des Betriebsparameters ermittelt wird.
- 10

- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Reglerausgangsgröße nur in quasi-statischen Betriebszuständen des Antriebssystems ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Vorsteuerwert und die Reglerausgangsgröße in direktem Zusammenhang mit der Anpresskraft stehen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Stellgröße durch Addition von Vorsteuerwert und Reglerausgangsgröße gebildet wird.

5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein Vorsteuerwert von dem zu übertragenden Moment abhängt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei eines der Bauteile ein Umschlingungsmittel und das andere der Bauteile eine Kegelscheibe eines Kegelscheibenumschlingungsgetriebes ist und der Vorsteuerwert von den
10 Drehzahlen der Kegelscheibenpaare und der Übersetzung des Kegelscheibenumschlingungsgetriebes abhängt.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Vorsteuerwert mit steigendem Moment und/oder kürzerer Übersetzung und/oder kleinerem Laufradius des Umschlingungsmittels beim ersten Kegelscheibenpaar zunimmt.
15

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Ermittlung der Regelgröße ein Verfahren enthält, bei dem der Ist-Wert des Betriebsparameters durch Korrelation mit der Änderung einer den Wert des Betriebsparameters beeinflussenden Größe ermittelt wird.
20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein Zusammenhang zwischen einer Änderung einer Eingangsgröße und einer davon abhängi-

gen Änderung des für die Reglerausgangsgröße herangezogenen Betriebsparameters für die Bestimmung der Vorsteuergröße verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei eines der Bauteile ein
5 Umschlingungsmittel und das andere der Bauteile eine Kegelscheibe eines Kegelscheibenumschlingungsgetriebes ist und die Regeldifferenz vom Schlupf des Kegelscheibenumschlingungsgetriebes abhängt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Stellgröße ein Zusatzwert auf-
10 geschaltet wird, wenn der Schlupf einen Grenzwert übersteigt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Stellgröße we-
nigstens eine zusätzliche, aus einem Modell des Antriebsstrangs berech-
nete Komponente aufgeschaltet wird.

15
13. Vorrichtung zum Regeln der Anpresskraft zwischen zwei reibschlüssig
Drehmoment übertragenden Bauteilen eines Antriebssystems, insbesonde-
re zwischen einem Umschlingungsmittel und einem Kegelscheibenpaar ei-
nes Kegelscheibenumschlingungsgetriebes mit stufenlos veränderbarer Ü-
20 bersetzung, enthaltend Sensoren 22, 24, 26, 28 zur Ermittlung von Be-
triebsparametern des Antriebsstrangs, wenigstens einen Aktor zum Ein-
stellen der Anpresskraft und eine elektronische Steuereinrichtung mit ei-
nem Mikroprozessor und zugehörigem Programmspeicher und Datenspei-

cher, wobei die Steuereinrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 aufgebaut ist.

LuK Lamellen und Kupplungsbau
Beteiligungs KG
Industriestrasse 3
77815 Bühl

GS 0648 DE

Verfahren und Vorrichtung zur Vorgabe der Anpresskraft zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteilen eines Antriebssystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vorgabe der Anpresskraft zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteilen eines Antriebssystems, insbesondere zwischen einem Umschlingungsmittel und einem Kegelscheibenpaar eines Kegelscheibenumschlingungsgetriebes mit stufenlos veränderbarer Übersetzung.

10

Im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs enthaltene, reibschlüssig Drehmoment übertragende Baugruppen, wie Kupplungen, auch Überbrückungskupplungen im Wandler eines automatischen Getriebes, mit Umschlingungsmitteln arbeitende Getriebe mit kontinuierlich variabler Übersetzung (CVT-Getriebe, Reibradgetriebe), auch Bremsen, werden zunehmend automatisiert bzw. von eigenen Aktoren betätigt. Die Steuerung bzw. Regelung des von der jeweiligen Baugruppe reibschlüssig übertragbaren Drehmoments soll zur Entlastung der Aktuatoren sowie aus Gründen geringen Energieverbrauches und hoher Steuer- bzw. Regelgenauigkeit so gering wie möglich sein, jedoch so groß, dass dauerhafter Schlupf, der zu raschem Verschleiß oder Zerstörung der reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteile führt, vermieden wird. Einer genauen Einstellung des Drehmo-

15

20

mentübertragungsvermögens zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteile bzw. einer genauen Einstellung der Anpresskraft zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteilen kommt daher eine hohe Bedeutung zu.

5

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Anpresskraft zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteilen derart eingestellt werden kann, dass sie dem jeweiligen Bedarf möglichst genau entspricht.

10

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren zur Vorgabe der Antriebspresskraft zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteilen eines Antriebssystems, insbesondere zwischen einem Umschlingungsmittel und einem Kegelscheibenpaar eines Kegelscheibenumschlingungsgetriebes mit stufenlos veränderbarer Übersetzung gelöst, bei welchem Verfahren die Anpresskraft aus einer

15

Stellgröße bestimmt wird, welche von mindestens einem Vorsteuerwert und einer Reglerausgangsgröße abhängt, wobei der Vorsteuerwert durch den Wert wenigstens eines Betriebsparameters des Antriebssystems bestimmt wird und die Reglerausgangsgröße durch Vergleich des Ist-Wertes eines Betriebsparameters

20

mit einem Sollwert des Betriebsparameters ermittelt wird.

Erfindungsgemäß wird somit einer Steuerung der Anpresskraft, die dynamisch rasch sein kann, eine Regelung aufgeschaltet, mit der die vorgesteuerte Anpresskraft genau an den jeweiligen Bedarf angepasst werden kann. Hierdurch ist es

möglich, vorgegebene Sollwerte exakt einzuregeln. Beim verwendeten Regler kann es sich günstiger Weise um einen PI Regler handeln. Vorteilhaft sind auch Verfahren, bei welchen der Soll/Istwertvergleich mittels eines Adaptionsverfahrens realisiert wird.

5

Mit Vorteil wird die Reglerausgangsgröße nur in bestimmten Betriebszuständen des Antriebssystems ausgeführt, d. h. der Regelalgorithmus bzw. das Adaptionsverfahren laufen nur in bestimmten Betriebszuständen. Günstig sind hier u. a. quasistatische Betriebszustände.

10

Vorteilhafterweise stehen ein Vorsteuerwert und die Reglerausgangsgröße in direktem Zusammenhang mit der Anpresskraft, d. h. beziehen sich mindestens ein Vorsteuerwert und die Reglerausgangsgröße auf physikalische Größen wie Kraft, Druck, Moment, wodurch ein einfacher Bezug zu der Wirkungsweise der jeweiligen Größe auf das anzusteuern System hergestellt werden kann.

15

Die Stellgröße wird vorteilhafter Weise durch Addition von mindestens einem Vorsteuerwert und der Reglerausgangsgröße gebildet.

20

Ein Vorsteuerwert kann beispielsweise von dem zu übertragenden Moment abhängen.

Bei einer Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem eines der Bauteile ein Umschlingungsmittel und das andere der Bauteile eine Kegel-

scheibe eines Kegelscheibenumschlingungsgetriebes ist, hängt ein Vorsteuerwert vorteilhafter Weise von den Drehzahlen der Kegelscheibenpaare und der Übersetzung des Kegelscheibenumschlingungsgetriebes ab.

- 5 Der Vorsteuerwert nimmt vorteilhafter Weise mit steigendem Moment und/oder kurzer Übersetzung und/oder kleinerem Laufradius des Umschlingungsmittels beim ersten Kegelscheibenpaar zu.

- Die Ermittlung der Regeldifferenz kann ein Verfahren enthalten, bei dem der Ist-
10 Wert des Betriebsparameters durch Korrelation mit der Änderung einer den Wert des Betriebsparameters beeinflussenden Größe ermittelt wird.

- Bei einer weiteren Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Zusammenhang zwischen einer Änderung einer Eingangsgröße und einer
15 davon abhängigen Änderung des für die Reglerausgangsgröße herangezogenen Betriebsparameters für die Bestimmung der Vorsteuergröße verwendet.

- Wenn eines der Bauteile ein Umschlingungsmittel und das andere der Bauteile eine Kegelscheibe eines Kegelscheibenumschlingungsgetriebes ist, hängt die
20 Regeldifferenz vorteilhafter Weise vom Schlupf des Kegelscheibenumschlingungsgetriebes ab.

Wenn der Schlupf einen Grenzwert übersteigt, wird der Stellgröße vorteilhafter Weise ein Zusatzwert aufgeschaltet.

In einer weiteren Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Stellgröße wenigstens eine zusätzliche, aus einem Modell des Antriebsstrangs berechnete Komponente aufgeschaltet. Dies ist insbesondere in solchen Fahrzuständen vorteilhaft, wo radseitige Drehmomentstöße auf die Drehmoment übertragenden Bauteile einwirken können und diese dann kurzzeitig ungewollten Schlupf aufweisen würden. Ein Triebstrangmodell zur Berechnung der Wirkung dieser radseitigen Drehmomentstöße auf das Drehmoment übertragende Bauteil ist beispielsweise durch Lösung einer Differentialgleichung 2. Ordnung möglich. Mit dieser Differentialgleichung ist eine Extrapolation in die Zukunft möglich, wodurch durch die Stellgröße entsprechende Schutzmaßnahmen ergriffen werden können. Günstigerweise gehen in diese Differentialgleichung neben den entsprechenden Massenträgheiten des Triebstranges, die Raddrehzahlen, die Variatorübersetzung und die Drehzahlen beider Kegelscheibenpaare bzw. deren Gradienten ein.

Die Vorrichtung zur Vorgabe der Anpresskraft zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteilen eines Antriebssystems, insbesondere zwischen einem Umschlingungsmittel und einem Kegelscheibenpaar eines Kegelscheibenumschlingungsgetriebes mit stufenlos veränderbarer Übersetzung, enthält Sensoren zur Ermittlung von Betriebsparametern des Antriebsstrangs, wenigstens einen Aktor zum Einstellen der Anpresskraft und eine elektronische Steuereinrichtung mit einem Mikroprozessor und zugehörigem Programmspeicher und Datenspeicher, wobei die Steuereinrichtung zur Durchführung eines

Verfahrens nach einem der vorhergehenden genannten Verfahren aufgebaut ist.

Die Erfindung ist auf alle Arten von in einem Antriebssystem enthaltenen, reib-
5 schlüssig Drehmoment übertragenden Bauteilen anwendbar.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen beispielhaft an einem Kegelscheibenumschlingungsgetriebe mit weiteren Einzelheiten erläutert.

10

Es stellen dar:

Fig. 1 ein Schema eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs,

Fig. 2 einen Schnitt durch ein CVT-Getriebe mit eingangsseitiger Kupplung,

15 Fig. 3. ein Hydraulikschema zur Steuerung eines CVT-Getriebes,

Fig. 4 ein weiteres Hydraulikschema zur Steuerung eines CVT-Getriebes,

Fig. 5 ein Flussdiagramm zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
rens,

Fig. 6 ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines Verfahrens zum Ermitteln eines Schlupfes,
20

Fig. 7 Signalverläufe der Fig. 7 und

Fig. 8 ein Flussdiagramm zur Erläuterung einer abgeänderten Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Gemäß Fig. 1 weist ein Kraftfahrzeug einen Motor 2 auf, der über eine Kupp-
lung 4 und ein Getriebe 6 mit einer Kardanwelle 8 verbunden ist. Die Kardan-
welle treibt im dargestellten Beispiel über ein Differenzial 10 und Antriebswellen
12 die Hinterräder 14 des Fahrzeugs an.

5

Ein elektronisches Steuergerät 16, das einen Mikroprozessor 17, einen Pro-
grammspeicher 18 und einen Datenspeicher 19 enthält, weist Eingänge 20 auf,
die mit Sensoren verbunden sind. Als Sensoren sind beispielsweise ein Sensor
22 zur Erfassung der Drehzahl einer Getriebeeingangswelle, ein Drosselklap-
penstellungssensor 24, ein Motordrehzahlsensor 26, ein Kardanwellendreh-
zahlsensor 28, ein Sensor 30 zur Erfassung der Stellung einer manuell betätig-
baren Getriebebetätigungseinheit 31, ein Sensor 32 zur Erfassung der Stellung
eines Fahrpedals 33 und ggf. weitere Sensoren vorhanden.

15 Ausgänge 34 des Steuergerätes 16 sind mit einer Kupplungsaktoreinrichtung
36 und einer Getriebeaktoreinrichtung 38 sowie vorzugsweise einem nicht dar-
gestellten Motorsteuergerät verbunden.

Das Getriebe 6 ist im dargestellten Beispiel ein Kegelscheibenumschlingungs-
20 bzw. CVT-Getriebe, dessen Aktoreinrichtung 38 hydraulisch angesteuert wird.

Fig. 2 zeigt Komponenten der Kupplung 4 und des Getriebes 6 sowie von deren
Aktoreinrichtungen.

Eine mit der Kurbelwelle des Motors 2 drehfest verbundene Antriebswelle 40 treibt über die Kupplung 4 und eine Drehmomentfühleinheit 42 ein erstes Kegelscheibenpaar 44 des CVT-Getriebes 6. Das erste Kegelscheibenpaar 44 ist mit einem zweiten Kegelscheibenpaar 46 über ein Umschlingungsmittel 48 verbunden. Das Umschlingungsmittel 48 ist mit jedem der Kegelscheibenpaare 44 und 46 in reibschlüssigem Eingriff. Über eine Abtriebswelle 50 treibt das zweite Kegelscheibenpaar 46 die Kardanwelle 8 (Fig. 1) an.

Zur Betätigung der Kupplung und des Getriebes dient eine Hydraulik 52, die von einer Pumpe 54 mit Druck versorgt wird. Zur Steuerung von Hydraulikventilen dient das Steuergerät 16 (Fig. 1).

Die Anpressung der Kegelscheiben an das Umschlingungsmittel erfolgt im dargestellten Beispiel hydraulisch, kann aber auch anders erfolgen, beispielsweise mittels Elektromotoren, Federn, Fliehkraft usw. Wichtig ist, dass zumindest ein Teil der Anpresskraft durch eine Stelleinrichtung frei steuerbar ist.

Jedes der Kegelscheibenpaare 44, 46 hat im dargestellten Beispiel zwei Druckkammern, von denen eine mit von der Drehmomentfühleinheit 42 gesteuertem Druck und die andere mit von einem elektronisch ansteuerbaren Ventil 55 gesteuertem Druck beaufschlagt ist.

Zwei weitere Ausführungsvarianten einer hydraulischen Ansteuerung sind in den Fig. 3 und 4 dargestellt.

Gemäß Fig. 3 steuert ein Ventil A den Druck, der am zweiten Kegelscheibenpaar 46 anliegt. Ein Ventil B steuert den Druck, der am ersten Kegelscheibenpaar 44 anliegt. Damit ist mit dem Ventil A die Anpresskraft steuerbar, während
5 zusammen mit dem Ventil B die Verstellung der Übersetzung erfolgt. Das Ventil A ist vom Steuergerät 16 her frei ansteuerbar.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 wird die Anpressung von einem Ventil C gesteuert, das von der Drehmomentfühleinheit 42 und zusätzlich dem Steuer-
10 gerät her angesteuert werden kann. Damit ist ein Teil des Anpressdrucks frei steuerbar und ein weiterer Teil in Abhängigkeit vom Drehmoment steuerbar. Die Verstellung der Kegelscheibenpaare erfolgt, indem mittels eines Ventils D ein Differenzdruck zwischen den Scheibenpaaren 44 und 46 erzeugt wird.

15 Der Aufbau, die Komponenten und die Funktionsweise des beschriebenen Systems sind an sich bekannt und werden daher nicht im Einzelnen erläutert.

Wie eingangs ausgeführt, hat eine Überanpressung zwischen den Kegelscheibenpaaren und dem Umschlingungsmittel negative Auswirkungen sowohl auf
20 den Wirkungsgrad des Variators (Kegelscheibenpaare mit Umschlingungsmittel) und damit den Verbrauch des Fahrzeugs. Zudem wird die Lebensdauer nachteilig beeinflusst. Eine Unteranpressung hat übermäßigen Schlupf des Variators zur Folge, was sich auf die Lebensdauer und das Fahrverhalten negativ auswirkt. Für eine genauere Einstellung des Anpressdrucks ist es daher

zweckmäßig, das Ventil 55 (Fig. 2), das Ventil A (Fig. 3) oder das Ventil C (Fig. 4) mittels des Steuergerätes 16 anzusteuern und dabei zusätzlich zum Motor-
moment verschiedene Eingangsgrößen, wie die jeweilige Übersetzung des
CVT-Getriebes (ermittelbar aus den Ausgangssignalen der Sensoren 22 und
5 28) und der Drehzahl beispielsweise des abtriebsseitigen Scheibenpaares 46,
einen notwendigen Anpressdruck bzw. eine notwendige Anpresskraft zwischen
den Kegelscheiben und dem Umschlingungsmittel zu berechnen und entspre-
chende Ansteuerventile, bestehend beispielsweise aus einem Proportional-
magnetventil, einem Folgeschieber und entsprechenden Druckräumen zu er-
10 zeugen. Das Drehmoment kann von der Fühleinheit 42 erfasst und einem Ventil
unmittelbar zugeführt werden; es kann beispielsweise aus Stellung eines Last-
stellgliedes des Motors 2 sowie von dessen Drehzahl im Steuergerät 16 errech-
net werden. Aufgrund von Ungenauigkeiten der Drehmomenterfassung (bei-
spielsweise durch Berechnung) und Streuungen des jeweils für das Getriebe
15 erforderlichen Anpressbedarfes (sowohl über die Lebensdauer des Getriebes
als auch getriebespezifisch) – eine mechanisch-hydraulische Drehmomentföhl-
einheit realisiert nur ein fest vorgegebenes Anpressgesetz - wird aus Sicher-
heitsgründen häufig eine höhere Anpressung als erforderlich realisiert.

20 Fig. 5 zeigt ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens, mit dem eine
erforderliche Anpresskraft außerordentlich genau eingestellt werden kann.

Gemäß Fig. 5 wird beispielsweise aus Signalen der Sensoren 24 und 26 (Fig.
1) das Motormoment berechnet, vom Sensor 22 wird die Drehzahl des an-

triebsseitigen Kegelscheibenpaares 44, vom Sensor 28 wird die Drehzahl des abtriebsseitigen Kegelscheibenpaares 46 bereitgestellt und mit Hilfe der Sensoren 22 und 28 wird die Übersetzung des CVT-Getriebes ermittelt.

- 5 Die vier genannten Größen werden einer Vorsteuereinheit 56 zugeführt, die im Steuergerät 16 enthalten ist und entsprechend im Steuergerät abgelegten Algorithmen bzw. Kennfeldern einen Vorsteuerwert VW berechnet, der unmittelbar die Anpresskraft bzw. einem Anpressdruck angibt. Die Vorsteuerung ermöglicht, den jeweiligen Arbeitspunkt entsprechend dem System abhängig von den
- 10 Eingangsgrößen Motormoment, Drehzahl der Kegelscheibenpaare 44 und 46 und Übersetzung rasch und mit hoher Dynamik einzustellen.

Da die Vorsteuerung Feinheiten und spezifische Eigenschaften nicht berücksichtigt, ist sie tendenziell in Richtung einer Überanpressung ausgelegt. Um

15 dies zu vermeiden, wird der Ist-Schlupf des CVT-Getriebes bestimmt, beispielsweise mit Hilfe der Sensoren 22 und 28 sowie einem zusätzlichen, nicht dargestellten Sensor, der die Geschwindigkeit des Umschlingungsmittels bestimmt, oder auf weiter unten geschilderte Weise und einem Eingang eines Schlupfreglers 58 zugeführt, an dessen anderem Eingang ein beispielsweise

20 vom Motormoment, der Drehzahl des Motors- und der Übersetzung des Getriebes abhängiger Soll-Schlupf (im Steuergerät 16 gespeichert) zugeführt wird. Am Ausgang des Schlupfreglers 58 wird eine von der Differenz zwischen Ist-Schlupf und Soll-Schlupf abhängige Reglerausgangsgröße RA erzeugt, die in einer Addierstufe 60 entsprechend ihrem Vorzeichen vom Vorsteuerwert abge-

zogen oder diesem zuaddiert wird, so dass eine Stellgröße SG am Ausgang der Addierstufe 60 erzeugt wird, die die Anpresskraft bzw. den Anpressdruck zwischen Umschlingungsmittel und Kegelscheiben angibt.

5 Aus dieser Stellgröße, beispielsweise der Anpresskraft, werden in Umrechnungseinheiten 62 und 64, die im Steuergerät oder in der Getriebeaktoreinrichtung 38 (Fig. 1) enthalten sein können, der zugehörige Anpressdruck und der dazu erforderliche Strom für eine elektromagnetische Ansteuerung berechnet. Die Berechnung in 62 bzw. 64 findet unter Berücksichtigung bereits vorhandener Kräfte (wie Fliehöl oder Federkräfte) oder Drücke (Offset- bzw. Rückstau-
10 drücke) statt. Der Strom wird schließlich einem Stromregler 66 zugeführt, von dem aus ein entsprechendes Steuerventil zur Einstellung des Anpressdruckes gesteuert wird, so dass im Getriebe 68 der vorbestimmte Anpressdruck herrscht.

15

Vorteilhafter Weise ist die Vorsteuerung 56 ständig aktiv und wird der Schlupfregler 58 nur in quasistatischen Betriebszuständen des Getriebes, d.h. wenn dieses seine Übersetzung nicht oder kaum ändert, aktiviert.

20 Mit dem beschriebenen Verfahren wird erreicht, dass die dynamisch rasch vorsteuerbare Anpresskraft derart fein adjustiert wird, dass ein vorbestimmter, von Betriebsparametern des Antriebsstrangs, beispielsweise Motormoment, Fahrzeuggeschwindigkeit usw., abhängiger Soll-Schlupf, der geringfügig über Null liegen kann, erzielt wird.

Die Schnittstelle zwischen der Vorsteuerung und der Schlupfregelung ist im dargestellten Beispiel unmittelbar durch die Anpresskraft bzw. dieser direkt entsprechende Werte gegeben, die in der Addierstufe 60 addiert werden.

5

Die Vorsteuerung kann mittels unterschiedlichster Algorithmen erfolgen, beispielsweise mittels einer Beziehung $F = M/r \cdot f(\text{ivar})$, wobei F die Anpresskraft, M das Motormoment, r der Radius der Kegelscheiben, auf dem das Umschlingungsmittel gerade umläuft und $f(\text{ivar})$ eine Funktion der Übersetzung des Umschlingungsgetriebes ist, beispielsweise ein Polynom, dessen Wert mit größerer Übersetzung zunehmend größer wird.

10

Der Schlupf ist insbesondere dann, wenn er sehr klein ist, nur schwer messbar. Anhand der Fig. 6 und 7 wird ein vorteilhaftes Verfahren zur Ermittlung des Schlupfes erläutert.

15

Wenn das Steuergerät 16 abhängig von bestimmten Betriebsgrößen des Antriebsstrangs, beispielsweise Fahren mit konstantem Drehmoment und/oder konstanter Geschwindigkeit, ein geeignetes Zeitfenster 80 ermittelt, wird eine entsprechende Ansteuergröße von einem Modulator 82 moduliert. Die Ansteuergröße kann dabei ein Druck oder ein Strom sein, wobei die Modulationsamplitude und -frequenz so gewählt werden muss, dass einerseits keine störenden Auswirkungen auf das Gesamtsystem stattfinden, andererseits genügende Nutzsignalinformation erzeugt werden kann. Im Schritt 84 wird von dem Sensor

20

22 die Getriebeeingangsdrehzahl erfasst; im Schritt 86 wird gleichzeitig vom Sensor 28 die Kardanwellendrehzahl erfasst, die unmittelbar in die Getriebeausgangsdrehzahl umgerechnet werden kann. Vorteilhaft ist, den Sensor 28 nicht unmittelbar an der Kardanwelle anzuordnen, sondern mit ihm unmittelbar die Drehzahl der Getriebeausgangswelle zu erfassen, da die Messergebnisse dann nicht Weichheiten und schwingende Massen verfälscht werden.

In Filterschritten 88 und 90 werden die während des Aktivierungszeitfensters gemessenen zeitlichen Verläufe der Eingangsdrehzahlen und Ausgangsdrehzahlen, die im Steuergerät 16 gespeichert werden, beispielsweise einer Tiefpass-, Bandpass- und/oder Hochpassfilterung unterworfen, um dann im Schritt 92 einer Korrelationsrechnung zugeführt zu werden, in der die Korrelation zwischen den gefilterten Signalverläufen ermittelt wird. Der berechnete Korrelationswert wird nach einer weiteren Filterung (Schritt 94) im Schritt 96 einem Regler zugeführt, in dem der berechnete Korrelationswert mit einem in dem Steuergerät 16 gespeicherten Korrelationswert 87 verglichen wird. Im Schritt 86 wird von dem Regler ein Korrekturwert erzeugt, der der Abweichung zwischen dem Korrelations-Soll-Wert und dem berechneten Korrelations-Ist-Wert entspricht und im Schritt 98 zu einer Veränderung der Stellgröße führt, die den Anpressdruck bestimmt.

Es versteht sich, dass der Regler 96 dem Schlupfregler 58 (Fig. 5) entsprechen kann, der Korrelations-Soll-Wert 87 den Soll-Schlupf (Fig. 5) darstellen kann und der dem Regler 96 nach Filterung zugeführte Wert dem Ist-Schlupf ent-

sprechen kann, so dass der Ausgangswert des Reglers 96, d.h. die Stellgröße (Schritt 88) die Reglerausgangsgröße RA der Fig. 5 bildet.

Fig. 7 zeigt eine in dem Verfahren gemäß Fig. 6 vorteilhaft anwendbare Methode zur Detektion von Signalen, die schwächer sind als beispielsweise Rauschen oder Störsignale. Das in Fig. 7 zusammen mit Fig. 6 geschilderte Verfahren wird auch „Lock-In“-Verfahren genannt.

Fig. 7a stellt ein Signal A als Funktion der Zeit dar, das beispielsweise das dem Stromregler 66 aufgeschaltete Modulationssignal ist. Das Signal B der Fig. 7b stellt die Differenz der erfassten Drehzahlen 84 und 86 dar.

Das Signal C der Fig. 7c wird aus dem Signal B abgeleitet und nimmt entsprechend der Abweichung des Signals A von einem Mittelwert nur Wert zwischen -1 und +1 an. Es enthält somit den richtigen „Takt“ des ein Referenzsignal bildenden Signals A. Wird das Signal C mit dem Signal B multipliziert, werden im Takt des Referenzsignals die Amplituden der Differenzdrehzahl nach oben „geklappt“, wie durch das Signal D in der Fig. 7d dargestellt. Legt man anschließend einen Tiefpass über das Signal D, so ergibt sich eine mittlere Amplitude, die durch das Signal E gemäß Fig. 7e dargestellt ist. Die Amplitude des Signals E ist somit proportional zum Schlupf des Variators und stellt den Ist-Schlupf dar.

In Fig. 5 ist die Ermittlung des Ist-Schlupfes gemäß den Fig. 6 und 7 als „Lock-In“ und Filter symbolisiert.

Wie in Fig. 5 weiter dargestellt, ist es vorteilhaft, für den Fall, in dem der Ist-Schlupf einen vorbestimmten Grenzwert übersteigt, einen Zusatzwert ZW in einer Sicherheitsstufe 100 zu erzeugen, der in der Addierstufe 60 den anderen Werten zuaddiert wird, so dass die Anpresskraft entsprechend erhöht wird. Der Zusatzwert, der der Kraft von der Sicherheitsstufe aufgeschaltet wird, wird vorteilhafter Weise anhand einer Kennlinie berechnet, die von dem ermittelten Ist-Schlupf und beispielsweise der Übersetzung des Getriebes abhängt.

- 10 Vorteilhaft ist eine Weiterbildung des geschilderten Verfahrens dahingehend, dass das Ausgangssignal RA des Schlupfreglers 58 in Beziehung zu der sich daraus ergebenden Änderung des Ist-Schlupfes gesetzt wird und daraus entsprechend im Steuergerät abgelegten Kennfeldern auf einen charakteristischen Zustand des Getriebes geschlossen wird, der das für die Vorsteuerung 56
- 15 maßgebliche Kennfeld beeinflusst. Durch diese Berücksichtigung der Ergebnisse der Schlupfregelung in einem Identifikationsmodell, das für die Vorsteuerung verwendet wird, ist es möglich, die Qualität der Vorsteuerung zu verbessern. Beispielsweise kann ein Übertragungsbeiwert für das jeweilige Getriebeexemplar ermittelt werden oder Parameter für das vorgenannte Polynom $f(\text{ivar})$
- 20 bestimmt werden.

Fig. 8 zeigt eine Weiterentwicklung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der zusätzlich zu den Eingangsgrößen Motormoment, Drehzahl des an- und abtriebsseitigen Scheibenpaares, Übersetzung des Getriebes sowie dem ggf. von

weiteren Betriebsgrößen abhängigen Soll-Schlupf als weitere Betriebsparameter beispielsweise die Drehzahl eines oder mehrerer der Fahrzeugräder erfasst wird und als Eingangsgröße in ein Rechenmodell des Triebstrangs eingeht. Mit einem solchen Rechenmodell kann anhand der aktuellen Drehzahlen und
5 Drehzahländerungen der Anpressbedarf am Variator für einen Zeitvorhersagezeitraum abgeschätzt werden. Je nach Güte des Modells und der verfügbaren Rechenleistung lässt sich ein Vorhersagezeitraum von beispielsweise 50 ms hinsichtlich der Veränderung des Anpressbedarfes durch radseitige Stöße berechnen. Als Ausgangsgröße liefert das Triebstrangmodell einen berechneten
10 Vorsteuerwert BVW, der in einer Maximalwertbildungsstufe 102 mit dem von der Vorsteuereinheit 56 gelieferten Vorsteuerwert VW verglichen wird. Der Adierstufe 60 wird der größere Wert aus BVW und VW zugeführt.

Die geschilderten Verfahren, deren Ablauf und Algorithmen beispielsweise in
15 dem Programmspeicher 18 des Steuergerätes 16 abgelegt sind und deren Kennfelder und Kennlinien in dem Speicher 19 gespeichert sind, können in unterschiedlichster Weise sowohl bezüglich der Eingangsgrößen, die für die Vorsteuerung herangezogen werden, die Schlupfermittlung, die Art des Schlupfreglers 58, die Verknüpfung der Werte VW, RA und ZW zu einer Stellgröße SG
20 sowie die Umsetzung der Stellgröße SG in eine schließlich wirksame Anpresskraft verändert werden.

Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Patentschutzes. Die An-

melderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbarte Merkmalskombination zu beanspruchen.

In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbstständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmalskombinationen der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

10 Da die Gegenstände der Unteransprüche im Hinblick auf den Stand der Technik am Prioritätstag eigene und unabhängige Erfindungen bilden können, behält die Anmelderin sich vor, sie zum Gegenstand unabhängiger Ansprüche oder Teilungserklärungen zu machen. Sie können weiterhin auch selbstständige Erfindungen enthalten, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche
15 che unabhängige Gestaltung aufweisen.

Die Ausführungsbeispiele sind nicht als Einschränkung der Erfindung zu verstehen. Vielmehr sind im Rahmen der vorliegenden Offenbarung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente
20 und Kombinationen und/oder Materialien, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den in der allgemeinen Beschreibung und Ausführungsformen sowie den Ansprüchen beschriebenen und in den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten für den Fachmann im Hinblick auf die Lösung der Aufgabe entnehmbar sind

und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

LuK Lamellen und Kupplungsbau
Beteiligungs KG
Industriestrasse 3
77815 Bühl

GS 0648 DE

Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Vorgabe der Anpresskraft zwischen zwei reibschlüssig Drehmoment übertragenden Bauteilen eines Antriebssystems, insbesondere zwischen einem Umschlingungsmittel und einem Kegelscheibenpaar eines Kegelscheibenumschlingungsgetriebes mit stufenlos veränderbarer Übersetzung, wird die Anpresskraft von einer Stellgröße SG bestimmt, die von einem Vorsteuerwert VW und einer Reglerausgangsgröße RA abhängt, wobei der Vorsteuerwert durch den Wert wenigstens eines Betriebsparameters des Antriebssystems bestimmt wird und die Reglerausgangsgröße durch Vergleich des Istwertes eines Betriebsparameters mit einem Soll-Wert des Betriebsparameters ermittelt wird.

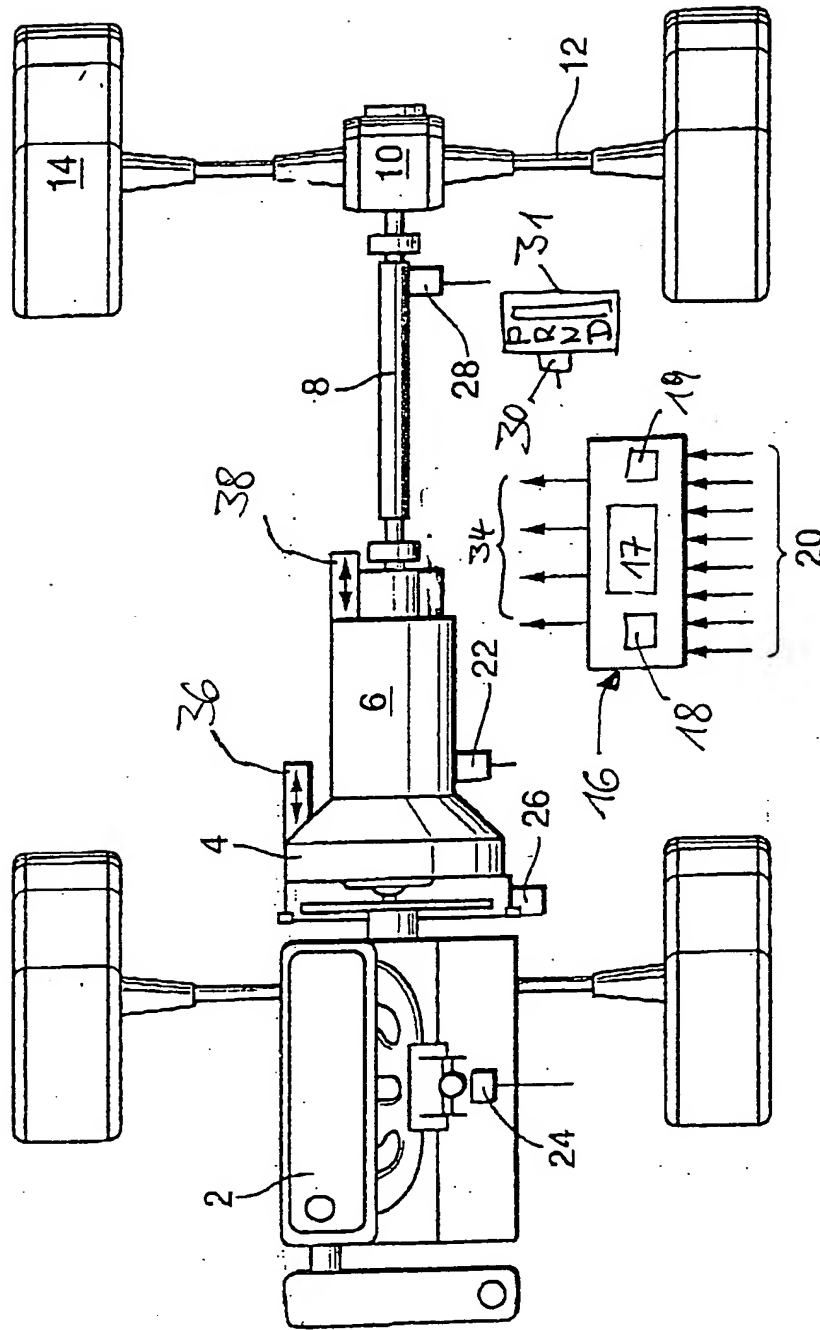


Fig. 1

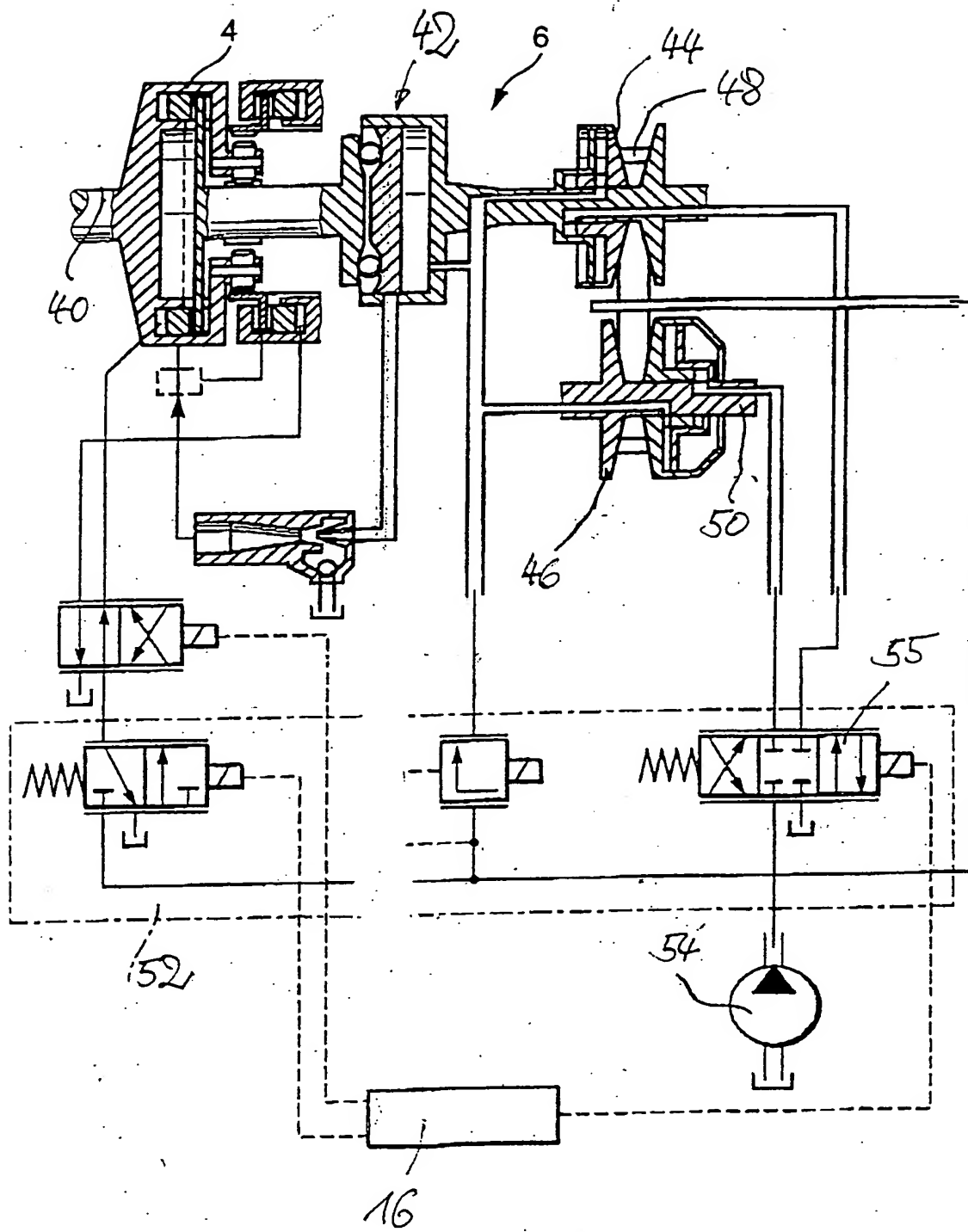


FIG 2

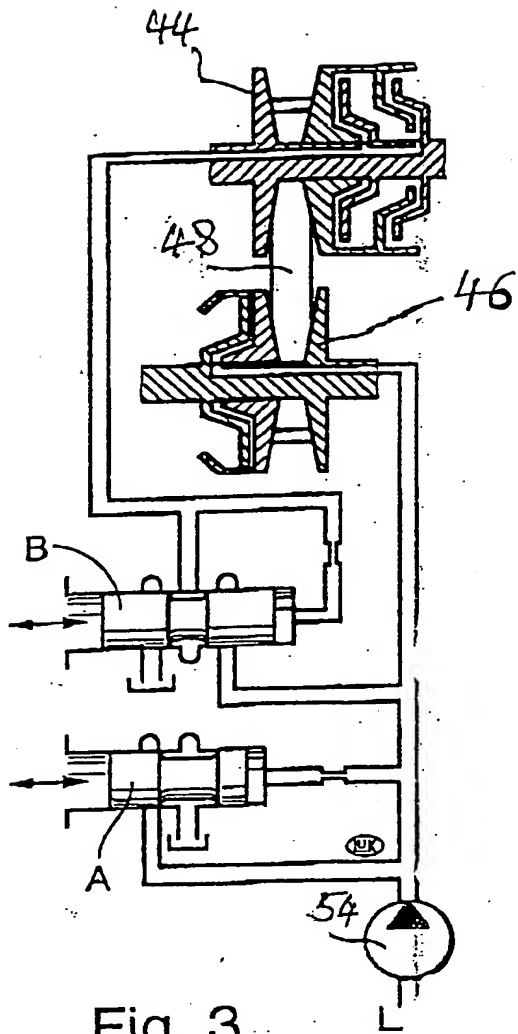


Fig. 3

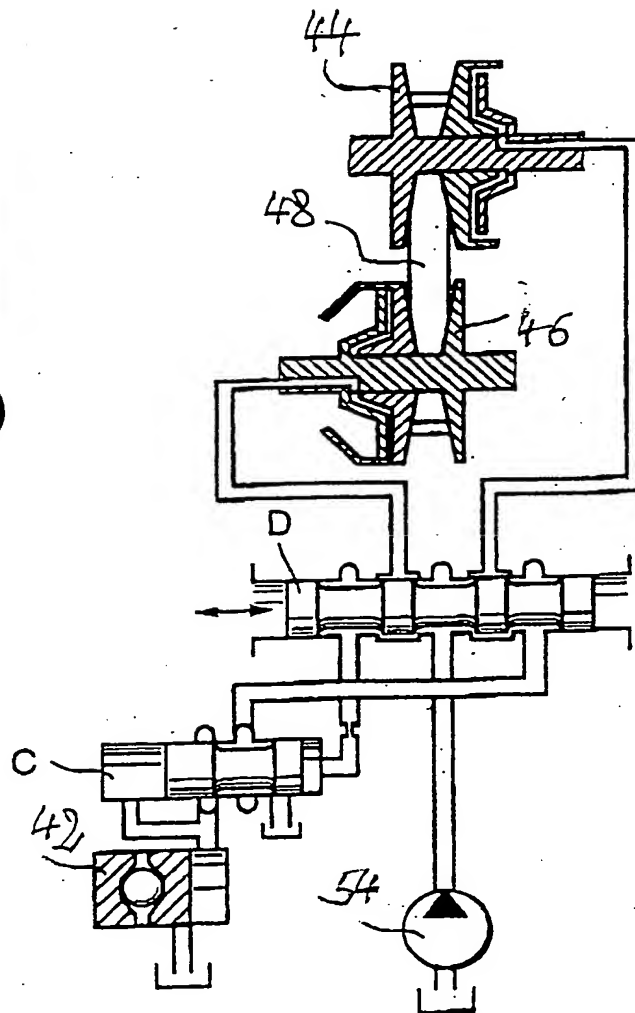


Fig. 4

Fig 5

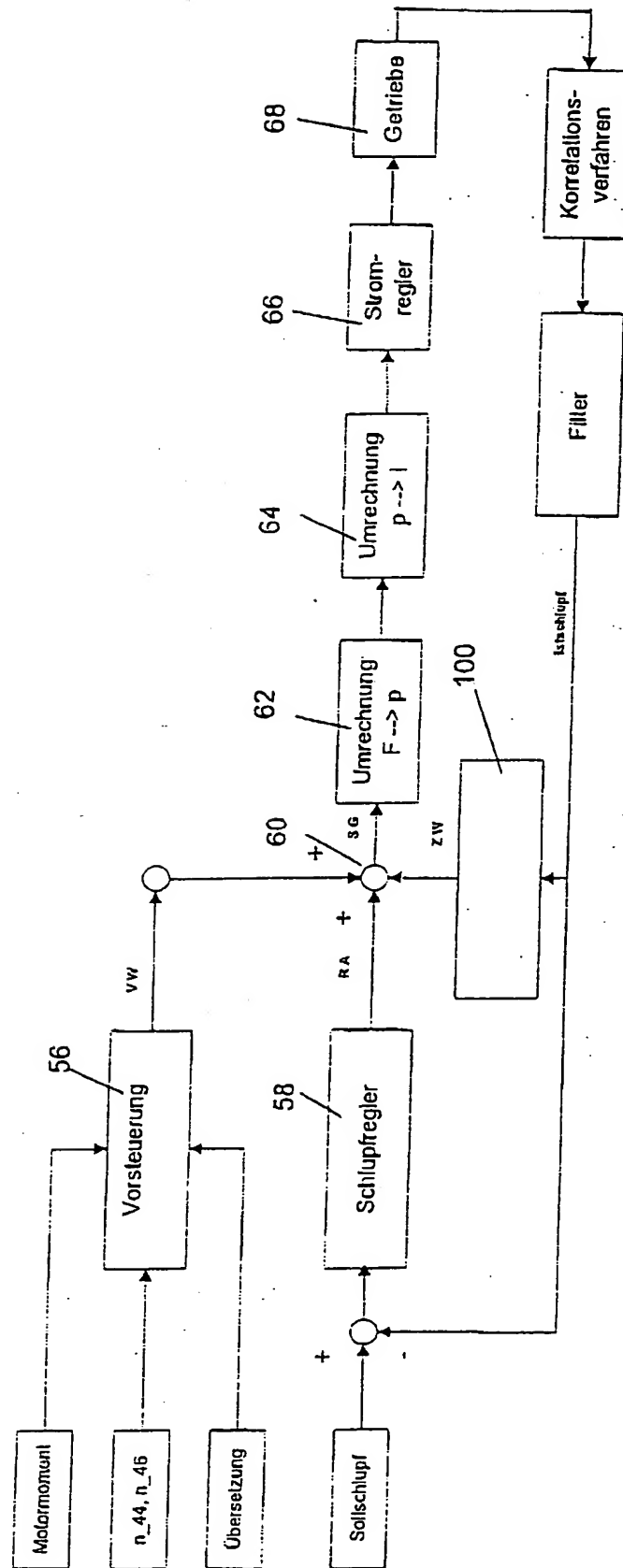


Fig 6

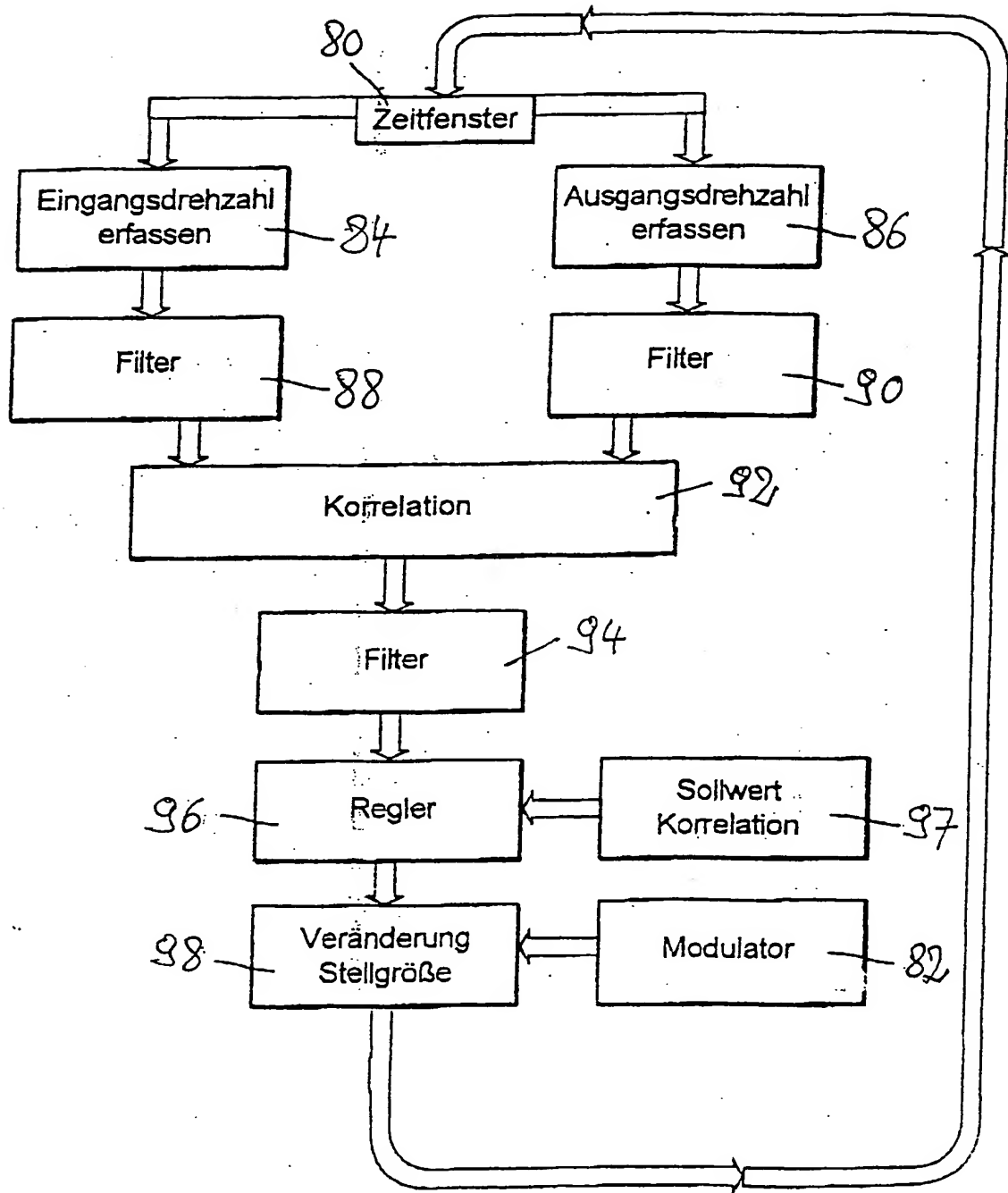


Fig 7

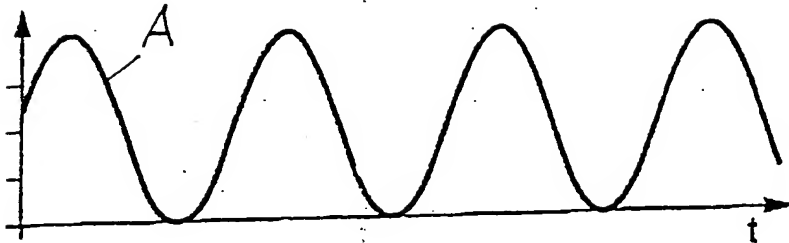


Fig. 7a

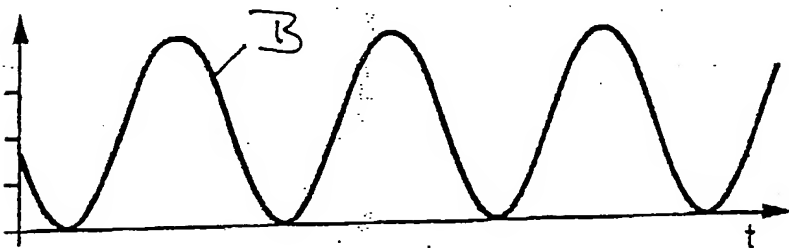


Fig. 7b

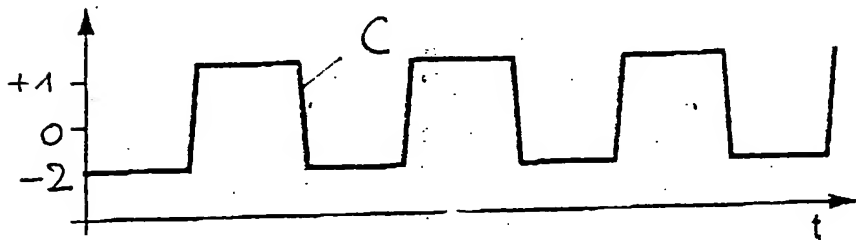


Fig. 7c

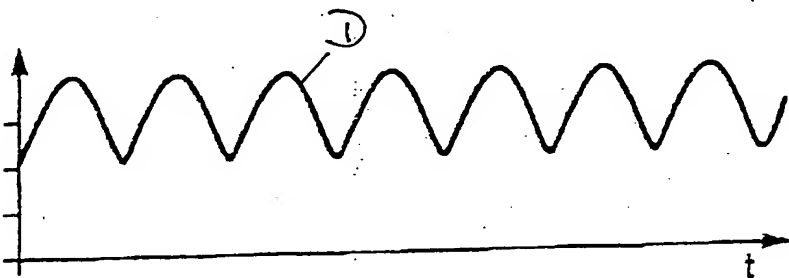


Fig. 7d

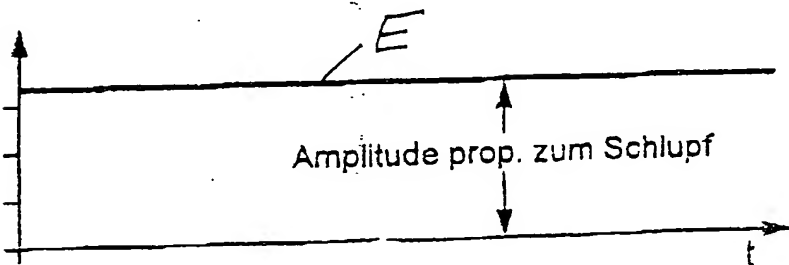


Fig. 7e

FIG 8

